

Opinnäytetyö (AMK)

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

Yrittäjyys ja sähköinen liiketoiminta

2015

Katja Mäkinen

KANNETTAVAN TIETOKONEEN KIERRÄTTÄMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Katja Mäkinen

KANNETTAVAN TIETOKONEEN KIERRÄTTÄMINEN

Vuonna 2009 roskeen heitettiin maailmassa 50 miljoonaa tonnia e-jätettä ja määrä nousee. Uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta pitää vähentää, materiaaleja käyttää uudelleen kuluttajan jälkeen ja jätteet kierrättää kunnollisesti, jotta kestävä kehitys ja ympäristövaikutusten rajoittamisesta voi tulla realistinen tavoite.

E-jäte sisältää arvokkaita metalleja, kuten kultaa, hopeaa, palladiumia ja platinaa, mutta sekä myrkyllisiä aineita kuten lyijyä, elohopeaa, kadmiumia ja berylliumia. E-jätteen jälkikäsittelyssä onkin tärkeää saada arvokkaat komponentit talteen ja hävittää vaaralliset aineet kunnolla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten kannettavia tietokoneita kierrätetään Suomessa. Haastattelukysymyksiä lähetettiin sähköpostin välityksellä maaliskuussa 2015 kymmenelle kierrätyksestä vastaaville tahoille ympäri Suomea. Näistä selvisi, että kaikki tietokoneen materiaalit erotellaan toisistaan, puhdistetaan ja tämän jälkeen jatkojalostetaan puhtaaksi materiaaliksi tai uudeksi tuotteeksi. Suomessa kannettavat tietokoneet pystytään hyödyntämään lähes 100 prosenttisesti.

Opinnäytetyötä pystytään hyödyntämään ihmisten valituksessa ja parannusehdotusten keksimiseksi. Aihetta olisi voinut käsitellä laajemminkin lähettämällä haastattelukysymyksiä useammalle taholle tai hoitaa haastattelut henkilökohtaisesti puhelimitse tai käydä kierrätyslaitoksella opastuksella.

YSA

ASIASANAT:

tietokone, kannettavat tietokoneet, kierrätys, kestävä kehitys, sähkö- ja elektroniikkaromu, e-jäte

Katja Mäkinen

LAPTOP RECYCLING

In 2009 50 million tonnes of e-waste was thrown away and the amount is rising. The spending of non-renewable natural resources needs to be reduced, materials reused after customer and recycle the waste effectively in order to make sustainable development and restricting natural impact a realistic goal.

E-waste includes valuable metals such as gold, silver, palladium and platinum but also toxic substances such as lead, quicksilver, cadmium and beryllium. In e-waste reprocessing it is important to collect valuable components and properly dispose the dangerous substances.

The goal of this thesis was to find out how laptops are recycled in Finland. Interview questions were sent by email in March 2015 to ten parties taking part in recycling and they revealed that all the computer materials are separated, cleaned and afterwards further processing into pure material or a new product. In Finland nearly 100 per cent of the laptops can be recycled.

Thesis can be utilized in educating people and invent suggestions for improvement. The topic could have handled broader by sending interview questions to more parties or handling the interviews by telephone or visiting the recycling plant.

KEYWORDS:

computer, laptop, recycle, sustainability, electric and electronic waste, e-waste

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 MIKSI KIERRÄTYS KANNATTAA | 6 |
| 3 EUROOPAN UNIONIN MÄÄRÄYKSET | 9 |
| 4 MITEN TÄLLÄ HETKELLÄ KIERRÄTYS ONNISTUU | 10 |
| 4.1 Muovi | 10 |
| 4.1.1 Erottelu | 10 |
| 4.1.2 Puhdistus | 11 |
| 4.1.3 Mekaaninen kierrätys | 11 |
| 4.1.4 Kemiallinen kierrätys | 12 |
| 4.1.5 Energiakierrätys | 13 |
| 4.1.6 Kierrätysmuovin käyttökohteet | 13 |
| 4.2 Metalli | 14 |
| 4.3 Arvometalli | 16 |
| 4.4 Näyttö | 16 |
| 4.5 Kierrätys käytännössä | 17 |
| 5 JOHTOPÄÄTÖKSET | 19 |
| LÄHTEET | 20 |
| LIITE 1 | 1 |

1 JOHDANTO

Elektroniikkalaitteet ovat muokanneet maailmaa ja nyt ne ovat osa jokaisen nykyihmisen elämää. Maailmassa on tällä hetkellä käytössä yli 660 miljoonaa tietokonetta (Grossman 2006, 23). Tutkimuksen mukaan keskimääräinen yhdysvaltalainen käyttää 24 erilaista elektroniikkatuotetta (CEA 2008). Vuonna 2009 roskiin heitettiin maailmassa 50 miljoonaa tonnia e-jätettä ja määrä nousee. Eurooppalainen tuottaa noin 20 kilogrammaa e-jätettä/henkilö/vuosi (Huisman 2011). Suomessa ICT-romua on 0,35kg/asukas, noin 6,4 % kokonaisromusta (SET ry 2002, 5).

Kahden gramman painoisen mikrosirun valmistaminen saattaa tuottaa 26 kilogrammaa jätettä, osa erittäin myrkyllistä eikä tämä summa sisällä ilmansaasteita (Grossman 2006, 60).

Valitsin aiheen, koska minua on jo vuosia kiinnostaneet vihreät arvot ja teknologia on tärkeä osa nykyajan elämää. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten kannettavia tietokoneita kierrätetään. Lähetin sähköpostilla haastattelukysymyksiä kierrätyksestä vastaaville tahoille ympäri Suomea, näistä yhdessä vastattiin halutun laajuisesti.

Toisessa luvussa kerron, miksi kannettavia tietokoneita on kannattavaa kierrättää, jonka jälkeen kerron Euroopan Unionin määräyksistä teknologian kierrätyksestä. Luvussa neljä kerron miten kannettavia tietokoneita kierrätetään Suomessa ja maailmalla.

2 MIKSI KIERRÄTYS KANNATTAA

Uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta pitää vähentää, materiaaleja käyttää uudelleen kuluttajan jälkeen ja jätteet kierrättää kunnollisesti, jotta kestävä kehitys ja ympäristövaikutusten rajoittamisesta voi tulla realistinen tavoite. Jätteiden kierrättäminen ja uudelleenkäyttö voi johtaa vähennyksiin uusiutumattomissa materiaaleissa ja energialähteissä. (Manrich ym. 2009, 11.) Jos tietokoneet valmistettaisiin Yhdysvalloissa mahdollisimman pitkälti kierrätysmateriaalista eikä uudesta raaka-aineesta, energiaa säästyisi 45 gigajoulea valmistus-tonnia kohden. Se vastaa noin 7,5 raakaöljybarrelia. Muovin kohdalla energiaa säästyisi 70 %. Waste & Resources Action Programme – ryhmä julkaisi vuonna 2007 tutkimuksen, jossa vertailtiin kunnallisten jätehuoltojärjestelmien tehokkuutta. Kierrätys paljastui olevan 83 prosentissa tapauksista ympäristölle parempi vaihtoehto kuin jätteen polttaminen tai kaatopaikkasijoitus. (Zeller 2008, 64–65.)

E-jäte sisältää arvokkaita metalleja, kuten kultaa, hopeaa, palladiumia ja platinaa, mutta sekä myrkyllisiä aineita kuten lyijyä, elohopeaa, kadmiumia ja berylliumia. E-jätteen jälkikäsittelyssä onkin tärkeää saada arvokkaat komponentit talteen ja hävittää vaaralliset aineet kunnolla. Elektroniikan kierrätys vähentää ympäristövaikutuksia, koska raakamateriaalia tarvitaan siten vähemmän. Vaikka hyödyt e-jätteen kierrätyksestä ovat selkeät, elektroniikkalaitteilla on alhainen kierrätysprosentti. Yhdysvalloissa tämä johtuu riittämättömästä keräämisestä, lakien ja kierrätysteknologian puutteesta ja laittomalla maastaviennillä kehitys-maihin, jossa kierrätysprosessit ovat vaarallisia ihmisille ja ympäristölle. Maailmanlaajuisesti e-jätettä kierrätettiin vuonna 2009 noin 13 % (Jiang et al.). Arviolta 50–80 % yhdysvaltalaisesta e-jätteestä kulkeutuu Kiinaan, Intiaan ja Pakistaniin, koska työvoima on halpaa ja ympäristömääräykset ovat löyhempiä (StEP, 2009).

Monet raskasmetallit ovat vaarallisia jopa alhaisina pitoisuuksina ja niillä on tapana kerääntyä ravintoketjuun. Raskasmetallit aiheuttavat neurologisia vaurioita ja aiheuttavat munuaissairautta. Lyijy on yksi käytetyimmistä raskasmetalleista

ja se pysyy ihmisen kehossa vuosia majoittumalla luissa ja matkustaen verenkierrossa. Tämä vuoksi vanhat piirilevyt eivät saa päätyä kaatopaikoille: lyijy suodattuu veteen ja maaperään ja vuotaa vedenjakajiin, missä hyönteiset, kalat ja muut vesieläimet altistuvat sille ja lyijy pääsee osaksi ihmisen ruokavaliota.

Tietokoneen näytöissä käytetään lyijyä, myrkyllisyystestissä monen laitteen lyijypitoisuus ylitti turvastandardit. Ehjissä laitteissa lyijy ei ole haitaksi, mutta poisheitettynä ja purettuna lyijy pääsee ilmakehään. Tutkimusten mukaan hyvin pienikin pitoisuus vahingoittaa lasten kognitiivista kehitystä ja lyijy saattaa olla aikuisille kaksi kertaa vaarallisempaa kuin valtion standardit olettavat. Lisäksi näytöt sisältävät elohopeaa, joka pieninäkin pitoisuuksina aiheuttaa vahinkoa aivoille, hermostoon, sukuelimiin, keuhkoihin ja munuaisiin. 22 % maailman elohopeasta menee vuosittain elektronisiin laitteisiin vuosittain kuten akkuihin, näyttövalaistukseen ja kytkimiin.

Joissakin piirilevyissä käytetään beryllium-elementtejä sähkökytkennöissä ja mikroprosessoreiden eristyksessä. Jos piirilevyjä kohdellaan väärin hävittämisen tai kierrätyksen yhteydessä, keuhkotautia aiheuttavaa beryllium-pölyä voi päästä ilmaan. (Grossman 2006, 18-19)

Teknoromua on valunut Kiinaan Guiyun kaupunkiin 1990-luvulta lähtien. Määrä oli huipussaan vuonna 2003 ja pudonnut vuodesta 2005 lähtien. Elektroniikkajätetebisnes näyttää olevan hiipumassa, mutta joillekin ihmisille muutos tulee liian myöhään. Kiinalaistutkijat raportoivat Guiyun ympäristöpiinasta vuonna 2007. Elektroniikan purkupaikkojen lähistöltä on ilmasta mitattu maailman korkeimpia dioksiinipitoisuuksia. Maaperässä on syöpää aiheuttavia kemikaaleja, jotka voivat haitata myös immuunijärjestelmää ja umpieritystä. Työläisten verestä on löydetty PBDE-palonestoainetta suuria pitoisuuksia. Ainetta käytetään yleisesti elektroniikassa ja se vaikeuttaa jo pieninä pitoisuuksina sikiönkehitystä. (Carroll 2008, 60.)

Elektronisessa jätteessä on kultaa 50-kertaisesti maasta kaivettuun malmiin verrattuna. Arvometallien määrä tietokoneissa, matkapuhelimissa ja muissa elektronisissa laitteissa on suuri ja kasvaa kokoajan valtavasti, mutta hyvin vä-

hän päätyy kierrätettäväksi. Kullasta saadaan talteen 10–15 prosenttia, loppuja ei huomata tai tuhlataan raaoilla toimenpiteillä (Agence France Presse 2012).

Vuosittain elektronisiin laitteisiin käytetään kultaa 10 % maailmanlaajuisesta vuotuisesta käyttömäärästä eli 320 tonnia (Grossman 2006, 46) , jonka arvo on 13 miljardia euroa, ja 7500 tonnia hopeaa, joka on arvoltaan 3,8 miljardia (Agence France Presse 2012).

3 EUROOPAN UNIONIN MÄÄRÄYKSET

Elektroniikan kierrätystä koskevaa direktiiviä WEEE:tä (Directive on Waste from Electric and Electronic Equipment) on valmisteltu EU:ssa vuodesta 1998 ja voimaan direktiivi astui 13.8.2005 useimmissa EU-maissa. Direktiiviin sisältyy tuottajan vastuu -periaate, joka tarkoittaa ICT-laitteiden tuottajalla on fyysinen ja taloudellinen vastuu käytöstä poistettujen laitteiden keräykselle ja käsittelylle, yritys voi myös maksaa edellä mainitusta kolmannelle tasolle (SET ry 2002, 10). Yrityksille on asetettu kierrätystavoitteet, joka muodostuu siitä prosentuaalisesta määrästä, joka romusta käytetään uusioraaka-aineena. Hyötykäyttötavoitteet ovat laiteluokasta riippuen 70–80 %, josta suurin osa eli noin 50–70 % pitäisi kattaa uusiokäytön kautta ja loput energiahyötykäytöllä. (Karvonen ym. 2006, 86.) Direktiivi määrää myös varastoimaan romun niin, että uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen sopivat osat voi ensisijaisesti käyttää uudelleen ja toissijaisesti kierrättää mahdollisimman hyvin. (Karvonen ym. 2006, 32.) Kotitalouksille direktiivi näkyi vanhojen kodinkoneiden palautuksen ja jätehuollon muuttumista maksuttomaksi.

Elokuussa 2007 astui voimaan EuP-direktiivi, joka asettaa vaatimuksia energiaa käyttävien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle. Arvion mukaan jopa yli 80 % tuotteen ympäristövaikutuksista määritellään tuotesuunnitteluvaiheessa. (Kärnä 2007, 6.) Näillä vaatimuksilla pyritään edistämään tuotteiden haitattomuutta, energiatehokkuutta ja kierrätettävyyttä. Vaatimukset ovat tuotekohtaisia ja ovat sekä yleisiä että erityisiä. Yleisiä voivat olla esimerkiksi terveydelle ja ympäristölle haitallisten aineiden minimointi, tuotteen käyttöiän pidentäminen, kierrätettyjen materiaalien käytön edistäminen ja tuotteen painon tai tilavuuden kehityksen seuranta. Erityiset vaatimukset koskevat mitattavissa olevia suureita kuten energian ja veden kulutusta ja ainepitoisuuksia. (Karvonen ym. 2006, 49–53.)

4 MITEN TÄLLÄ HETKELLÄ KIERRÄTYS ONNISTUU

4.1 Muovi

Muovin keksimisen jälkeisinä vuosikymmeninä laaja muovien käyttö ja niiden epäasiallinen hävittäminen ovat viime aikoina aiheuttaneet huolestusta jätteiden lajittelun saralta, koska materiaali ei maadu eikä sitä kierrätetä riittävästi vaikka muovia käytetään kasvavissa määrin. Nämä ongelmat vaikuttavat negatiivisesti omavaraisuuteen. (Manrich ym. 2009, 9.) Vaikka muovi muodostaa 5-10 prosenttia yhdyskuntajätteestä, se on materiaali, jota kierrätetään vähiten (Manrich ym. 2009, 13). Suurin syy tähän on muovilajien määrä, joita ei voi kierrättää lainkaan sekä muovin suuret keräyskustannukset (Manrich ym. 2009, 14). Keskimäärin muovi muodostaa noin 20 % kerätystä WEEE-jätteestä (Hester ym. 2008, 103).

4.1.1 Erottelu

Suurin haaste käyttökelpoiselle kierrätysoperaatiolle on muovin erottelu sekajätteestä ja erityisesti erilaisten muovityyppien erottelu toisistaan. Tätä vaikeuttaa entisestään se, että hyvin erityyppisiä muoveja voi käyttää samaan tarkoitukseen. (Manrich ym. 2009, 17.)

Manuaalisessa erottelussa tehokkuus ja tuottavuus riippuvat työntekijöiden kokenemuksesta. Eniten menetelmää käytetään kehitysmaissa, jossa työvoima on halpaa. Työntekijät päättävät muovinlajin tuotteessa olevasta koodista tai testaavat esimerkiksi taivuttamalla ja polttamalla tuotetta. (Manrich ym. 2009, 18.)

Automaattisesti erottelussa muovilajit erotellaan niiden fyysisten ja kemikaalisten ominaisuuksien mukaan (Manrich ym. 2009, 22). Näitä ominaisuuksia ovat tiheys, kemiallinen rakenne, liukoisuus ja sähköstaattiset ja termomekaaniset ominaisuudet (Manrich ym. 2009, 23).

4.1.2 Puhdistus

Käytön ja hävittämisen aikana muovit ovat tekemissä toisten yhdisteiden kanssa ja epäpuhtaudet saattavat muuttaa muovien koostumusta läpäisemällä materiaalin pinnan ja kyllästäväällä sisällön. Tämän vuoksi ennen kierrätystä on tarpeellista selvittää epäpuhtauksien määrä, aiheuttanut kemikaali ja uusiotuotteen lopullinen käyttö, jotta puhdistustekniikka voidaan sovittaa sopivaksi. (Manrich ym. 2009, 28.)

Vesiliuos auttaa poistamaan muovin pinnalla olevat epäpuhtaudet, mutta ei se ei auta vettähylykiviin tai niihin epäpuhtauksiin, jotka ovat imeytyneet polymeerimatriisiin. Usein käytetään prosessia, jossa hiutaleiksi jauhettua muovia ravistetaan voimakkaasti. Tärkeää on poistaa liimat, erityisesti polymeerit, jotka ovat alttiita hajoamiselle happamissa olosuhteissa, koska jälleenkäsittelyn lämpötiloissa liima-aineet hajoavat hapoiksi.

4.1.3 Mekaaninen kierrätys

Mekaanisessa kierrätyksessä muovijäämistä tehdään uusia tuotteita. Valmistuksen sivutuotteista tai kulutuksen jätteistä valmistetaan tuotteita, jotka voivat olla samankaltaisia ja erilaisia alkuperäiseen verrattuna. Tämä menetelmä on yksinkertaisin tapa kierrättää muovia ja vaatii vähiten rahallisia investointeja. (Manrich ym. 2009, 11.)

Tapa sisältää monia vaiheita, jotka tavallisesti ovat keräys, erottelu, jauhaminen, orgaanisesta aineksesta puhdistaminen, kuivaus ja jälleenkäsittely. Jotkin näistä ovat käytössä myös kemikaalisessa ja energiakierrätyksessä ja vaiheita voidaan lisätä tai poistaa tarpeen mukaan. (Manrich ym. 2009, 31.)

Kuivaus on pääasiassa tärkeää niiden sulien polymeerien jälleenkäsittelyssä, jotka ovat alttiita hydrolyysille eli hajoaa vettä lisättäessä lähtöaineikseen ja niille, jotka ovat tekemissä komposiittien kanssa, joissa on epäorgaanisia täyteai-

neita. Kuivauksen olosuhteet riippuvat muun muassa kosteuden tyypistä ja tavasta, jolla se on kiinni materiaalissa. (Manrich ym. 2009, 32.)

4.1.4 Kemiallinen kierrätys

Tässä kierrätystavassa muovit hajotetaan peruskemikaaleikseen kuumuudella tai kemiallisella käsittelyllä. Tästä käsittelystä syntyy monomeereja tai muita tuotteita, joita voidaan yhdistää polymeereiksi tai käyttää muihin sovelluksiin. Kemiallinen kierrätys vaatii suuria investointeja ja kannattava vain suurenkaavan operaatioissa. (Manrich ym. 2009, 12.)

Kemiallinen kierrätys jaetaan yleensä termolyysiin ja solvolyysiin. Näistä ensimmäinen kutsutaan myös termokemialliseksi kierrätykseksi ja se toimii korkeissa lämpötiloissa, 350 asteesta 1000 asteeseen. Se perustuu kolmeen pääprosessiin: pyrolyysi, kaasutus ja hydraus. (Manrich ym. 2009, 59.)

Pyrolyysi suoritetaan inerttiatmosfäärissä, 350–600 asteessa ja se tuottaa kemiallisia raaka-aineita, jotka ovat koostumukseltaan samanlaisia kuin raakaöljy tai jopa teollisuusbensiini, riippuen käytetystä polymeeristä. Kaasutus tapahtuu hapettavassa ilmakehässä ja korkeammissa lämpötiloissa kuin pyrolyysi. Prosessin päätavoite on tuottaa synteettistä kaasua, vedyn ja hiilimonoksidin sekoitusta, jota käytetään syntetisoimaan orgaanisia peruskemikaaleja. Materiaali yleensä kuumennetaan 1000 asteeseen ja kaasuuntuvat reagenssit kuten happi, hiilidioksidi, ilma ja höyry tuodaan mukaan erillisinä tai sekoitettuina. Tätä tekniikka käytetään normaalisti, mutta ei yksinomaan, pyrolyysin jälkeiselle muoville. (Manrich ym. 2009, 60.)

Hydraus on polymeerien hajottamista tehokkaasti vetykaasun avulla korkeissa lämpötiloissa, jotta ne voidaan muuttaa nestemäiseksi polttoaineeksi. Tässä prosessissa aikaisemmin depolymerisoituneet muovijäät altistetaan 480 asteen lämpötilalle ja 200 baarin paineelle, jolloin syntyy erilaisia tuotteita, muun muassa bensiiniä ja diesel-öljyä, joiden taloudellinen arvo on huomattavasti korkeampi kuin pyrolyysistä ja kaasutuksesta syntyneet tuotteet. (Manrich ym. 2009, 60–61).

Solvolyysi taas sisältää liuottimien käyttöä ja siinä käytetään maltillisempia lämpötiloja kuin termolyysissä. Menetelmää käytetään pääosin polyeteenitereftalaatin (PET), polybutyleenitereftalaatin (PBT), polyuretaanin (PU) ja nailonin kierrättämisessä. Tähän asti PET:n keräämisessä on käytetty glykolyysiä tai metanolyysiä, mutta lähivuosina hydrolyysi on herättänyt huomiota, koska se luokitellaan vihreäksi teknologiaksi sen yksinkertaisuuden, alhaisen energiankulutuksen ja alhaisen ympäristövaikutusten vuoksi. (Manrich ym. 2009, 59.)

4.1.5 Energiakierrätys

Energiakierrätyksessä otetaan polttamalla talteen muovin energiasidokset täten käyttäen fossiilisia polttoaineita. Operaatiossa pitää varmistaa, että päästöt ovat kontrolloituja eivätkä pääse muilla tavoin saastuttamaan ympäristöä. Tämän tyyppinen prosessi on poistettu tavallisesta kierrätyksen konseptista ja mainittu ainoastaan yhtenä tapana energian talteenotossa, koska tapaa pidetään bruttoenergian vajaakäyttönä. (Manrich ym. 2009, 12.) Vaikka tämä tiedettiin, 80-luvun alussa ja 90-luvun alussa useat EU-maat, Pohjois-Amerikka ja Japani lähettivät suurimman osan jätteestään poltettaviksi määrän vähentämiseksi tai patogeenisten materiaalien tuhoamiseksi eikä jokaisessa laitoksessa ollut välineitä energian talteenottoon, myöskään myrkyllisistä ja saastuttavista päästöistä ei huolehdittu. (Manrich ym. 2009, 64.)

Tämä kierrätysmuoto eroaa termolyysistä siinä, että muovijäämät poltetaan yli 1000 asteen lämpötilassa, jotta niiden energiasisältö käytetään suoraan lämmitykseen tai höyryn ja sähkön tuottamiseen (Manrich ym. 2009, 63).

4.1.6 Kierrätysmuovin käyttökohteet

Useita menetelmiä on ehdotettu sekamuovin käyttämiseksi orgaanisten kemikaalien lähteenä, joka voidaan muuttaa nestemäiseksi polttoaineeksi. Näistä kehittynein on katalyyttinen depolymesaatioprosessi (CDP), jonka keksi tohtori Christian Koch. Prosessiin sopivia materiaaleja on melkein kaikki hiilivetypohjai-

set muovisekoituksista tervajärviin. Materiaalin täytyy olla kuivaa, ohuempi kuin 10 mm ja vapaa metalleista ja muista passiivista aineista kuten lasista tai kivestä. PVC-muovi muuttuu myrkyttömiksi suoloiksi kuten kalsiumkloridi. Reaktoriin lisätään liitua, joka toimii katalyyttinä. Ensimmäinen tehdas sijaitsee Meksikossa ja se tuottaa 500 litraa dieseliä tunnissa. (Hester ym. 2008, 107.)

Kierrätysmuovia voidaan käyttää esimerkiksi putkien, levyjen, puristeiden, jätessäkkien, autosien ja fleece-vaatteiden valmistukseen (JLY 2014).

4.2 Metalli

Metallit muodostavat arvokkaimmat ja helpoimmin kierrätettävät materiaalit. Vuonna 2008 kierrätysprosessit kykenivät ottamaan talteen <95 % syötetystä WEEE-jätteestä. (Hester ym. 2008, 103.) Hieman yli puolet tyypillisen tietokoneen materiaaleista ovat metallia, tyypillisimpiä ovat kupari, alumiini, lyijy, kulta, sinkki, nikkeli, tina, hopea ja rauta. Näiden lisäksi tietokoneissa käytetään myös platinaa, palladiumia, elohopeaa, kobolttia, antimonia, arsenikkia, bariumia, berylliumia, kadmiumia, kromia, seleeniä ja galliumia. Joitakin metalleja, esimerkiksi alumiinia ja rautaa, käytetään rakenteissa. Painavampia metalleja kuten kadmiumia, lyijyä, elohopeaa käytetään piirilevyissä, puolijohteissa ja akuissa. (Grossman 2006, 18.)

Kiina on pitkään toiminut elektroniikkahautausmaana maailmalle. Hongkongin vieressä sijaitsevaan Guiyun kaupunki on muuttunut elektroniikkaromun kaatopaikaksi. Tuhansia ihmisiä tekee vaarallista työtä erotellessaan arvokkaita osia: tietokonejohtoja poltetaan kuparin vuoksi, piirilevyjä sulatetaan padoissa lyijyn tai muiden metallien vuoksi tai irrottivat levyistä kultaa väkevällä hapolla. (Carroll 2008, 56–57.)

Direktiivit määräävät, että ensimmäinen askel on e-jätteen hajottaminen vasaramylyssä, jossa hitaasti etenevää romua lyödään nopeasti liikkuvalla vasaralla. Myös metallinmurskainta voidaan käyttää. Käsittelyssä erotetaan ja luokitel-

laan kiinteät aineet. Ilmaan tai kaasuun tarttuneet jauheet menevät syklonikartioon ja painavammat partikkelit painuvat alas, jossa ne kerätään. Syklonikartio on laskeutumiskammio, jossa painovoima on korvattu keskipakoisvoimalla. Seuraavaksi romu lajitellaan tiheyden, koon ja muodon mukaan. Tämä hoidetaan yleisimmin hydraulisilla tai vesipohjaisilla laitteilla, käytössä on myös pneumaattisia, eli kaasun paineen ja virtauksen avulla toimivia, ja ilmapohjaisia laitteita. Kiertorummuissa karkeat materiaalit erotetaan irtoaineksesta, esimerkiksi muovit alumiinista, epäorgaaninen materiaali orgaanisesta tai suuret mal-mikimpaleet hienommista mineraaleista.

Magneettierottelussa erotellaan ferromagneettiset eli rautapitoiset materiaalit muista magneettisista ja ei magneettisista materiaaleista. Magneettisissa erottelijoissa on ollut paljon kehitystä kun ryhdyttiin käyttämään sähkömagneetteja sekä kestmagneetteja, jotka on valmistettu harvinaisten maametallien metalliseoksella.

Painavat osat voidaan erottaa kevyemmistä usealla eri tavalla, joka valitaan sen perusteella, kuinka iso on tiheyden ero on. Omapainorikastus erottaa eri materiaalit niiden omalla relatiivisella liikkeellä, joka saadaan aikaan painovoiman ja yhden tai monen voiman vaikutuksesta kuten veden tai ilman aiheuttama liikkeenvastustus. Osan liike nesteessä riippuu tiheydestä, koosta ja muodosta: isot kappaleet kärsivät enemmän kuin pienet. Ilmalla toimivat painovoimapöydät toimivat samalla tavalla kuin mekaaninen vaskooli. Pöytä on kohotettu toisesta päästä, jolloin painavat materiaalit liikkuvat alaspäin ja ilma saa kevyet materiaalit virtamaan rimojen yli.

Kun ei-rautapitoiset metallit ylittävät pyörivän magneetin korkealla nopeudella, metallin muodostuu pyörrevirta, joka luo niiden ympärille magneettikentän. Kun magneettikentän polaarisuus on sama kuin pyörivän magneetin, metalli hylkii magneettia ja tämä toiminto erottaa senkaltaisen materiaalin raaka-ainemateriaalista. Lähivuosien yksi tärkeimmistä kehityksistä kierrätysalalla on pyörrevirtaerottelija, jonka toiminta perustuu harvinaisista maametalleista valmistettuihin magneetteihin. Alun perin erottelijoita käytettiin ei-rautapitoisten metallien erottamiseen silputusta autoromusta. Ne sopivat erityisesti suhteellisesti karke-

an kokoiselle syötteelle. Pienemmille osille tarvitaan korkeataajuisia pyörrevirtaerottelijoita, joissa magneettikenttä vaihtelee erittäin nopeasti.

Koronavarausta käyttäen roottorityyppistä elektrostaattista erottelijaa voi käyttää erottamaan raakamateriaali johtaviin ja ei-johtaviin. Tätä erottelutapaa käytetään pääasiassa kuparin tai alumiinin talteen ottamisessa pätkityistä sähköjohdoista ja – kaapeleista ja erityisesti kuparin ja arvometallien keräämisessä piirilevyromusta. (Hester ym. 2008, 97-102.)

4.3 Arvometalli

On taloudellista ottaa talteen tietokoneissa piilevät kulta, hopea, kupari, platina, rodium ja palladium hajotus-, liuotus- ja keräämistekniikoiden avulla. Päämetodi on sulattaminen ja elektrokemiallinen käsittely. (Hester ym. 2008, 52)

Pöytäkone sisältää noin 28 grammaa kulta ja kannettavat hieman vähemmän, koska ne ovat pienempiä. Kulta on parempi johdin kuin hopea tai kupari, koska kulta ei syövy eikä tummu. Kulta on teoriassa 100 % kierrätettävää ja kierrättämällä kunnollisesti, 99 % tietokoneen kullasta saadaan talteen. (Grossman 2006, 48.)

4.4 Näyttö

Indiumtinaoksidikerros on jokaisen LCD-näytön sisällä ja koska LCD on yleinen näyttötyyppi elektronisissa laitteissa, indiumtinaoksidin tarve kasvaa merkittävästi ja on todennäköistä, että tarjonta ei pysy perässä. Kierrättämisestä tulee välttämättömyys, jos muita vaihtoehtoja ei löydy.

Enemmän ja enemmän LCD-näyttöjä päätyy tiensä päähän ja arvokkaita materiaaleja päätyy roskien sekaan. Elektronisesta jätteestä LCD:n omaavia on tunnistettu yhdeksi nopeimmin kasvavasta jätelähteestä EU:ssa, on ennustettu, että määrä lisääntyy 16–28 % joka viides vuosi.

Tähän mennessä LCD:t on hävitetty tavanomaisilla jätejärjestelyillä eikä arvokkaita materiaaleja ole yritetty ottaa talteen. Litteät näytöt käyttävät noin 80 % maailmanlaajuisesta indiumin tuotannosta ja varantojen loppuminen on ennustettu vuoteen 2025 mennessä.

Japanilainen elektroniikkayritys Sharp on patentoinut laitteen ja metodin jätteen kuuluville LCD-paneeleille, joka sisältää moniosaisen prosessin sekä mekaanisille että kemiallisille metodeille erilaisten materiaalien talteenottoon. Ensimmäiset LCD:t murskataan lasimurskeeksi ja lasin pinnalla oleva indium liuotetaan happokäsittelyllä. Sen sanotaan olevan yksinkertainen prosessi, jossa käytetään yleisiä kemikaaleja, jotka eliminoivat suuren energia- ja painetarpeen. LCD-näyttöjen sisältä otetaan talteen myös korkealaatuista ohutjaksoista lasia, alumiinifolioita ja polarisoituja muovikalvoja, joilla on taloudellista arvoa, jos ne voidaan kerätä ja keskittää yksittäisiin materiaalivirtoihin eikä sekaisin jätevirroissa. Näille monimutkaisille tuotteille tarvitaan vielä kehitystä tehokkaammille ja taloudellisimmille erittelyprosesseille. (Hester ym. 2008, 54–55.)

4.5 Kierrätys käytännössä

Lähetin sähköpostilla haastattelukysymyksiä (Liite 1) kierrätyksestä vastaaville tahoille ympäri Suomea maaliskuussa 2005, näistä vain Kuusakoski Oy vastasi kaikkiin kysymyksiin. Muita kysymysten saaneita olivat Salon Jätehuolto, Turun Seudun Jätehuolto, Elker, Erp-recycling ja Tramel.

Kuusakoski Oy purkaa vuosittain Suomessa 15 tuhatta tonnia pienelektroniikkaa ja niistä kannettavia tietokoneita on vajaa 5 % eli noin 750000 kilogrammaa. Tämä tarkoittaa noin 62500 kilogrammaa joka kuukausi. Tietoturvallinen uudelleenkäyttö on EU:n määräämä ensisijainen kierrätysmenetelmä. Jos laite ei läpäise laatuvaatimuksia, laite puretaan osiin käsi ja ohjataan materiaalikierrätykseen ehjien varaosien kanssa.

Elohopealamppu poistetaan näytöistä ja ohjataan ongelmajätelaitokselle jatkokäsittelyyn. Tietokoneen kaapelit menevät granulointiin, josta saadaan teollisuudelle kuparimateriaalia uusiokäyttöön. Kuparisulattamo käyttää piirikortin

aihion lämpöarvon hyväksi ja pyroteknisessä prosessissa jalometallien erottelu elektrolyttisesti onnistuu lähes 100 prosenttisesti. Piirikortista saadaan pääosin eroteltua kupari, hopea, tina, kulta, rodium ja palladium. Laitteen muovikuori granuloidaan ja muovi saadaan uusiokäytettyä teollisuuden raaka-aineena. Käytännössä kannettavien tietokoneiden osalta päästään liki 100 % kierrätys/hyödyntämisasteeseen.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten kannettavia tietokoneita kierrätetään Suomessa. Haastattelukysymyksiä lähetettiin sähköpostin välityksellä maaliskuussa 2015 kymmenelle kierrätyksestä vastaaville tahoille ympäri Suomea. Vastauksia tuli kolme ja vain toinen näistä täytti vaatimukset. Vastauksesta saatiin tietää, että tietokoneista pystytään kierrättämään kaikki osat ja näin tapahtuu ainakin Kuusankoski Oy:ssä.

Koska yhden yrityksen toimintaa ei voi yleistää koko Suomeen, se on tämän opinnäytetyön heikoin osuus. Euroopan Unionin määräykset ovat onneksi samat kaikille jäsenmaille. Aihetta olisi voinut käsitellä laajemminkin ja lisätä kehitysehdotuksia. Lisäksi Suomen vastausten saamiseen olisi voinut haastattelukysymyksiä lähettää useammalle taholle tai hoitaa haastattelut henkilökohtaisesti puhelimitse tai käydä kierrätyslaitoksella opastuksella.

LÄHTEET

Agence France Presse 2012. 'Urban mining' of precious metals now a rich prospect. Viitattu 2.9.2014
<http://www.mnn.com/green-tech/gadgets-electronics/stories/urban-mining-of-precious-metals-now-a-rich-prospect>

Carroll, C. 2008. Tekniikan kuonaa, länsimaiden teknojätettä päätyy kehitysmaiden luontoon. National Geographic 1/2008

Grossman, E. 2006. High Tech Trash : Digital Devices, Hidden Toxins, and Human Health. Washington DC: Island Press.

Hester, R.E.; Harrison, R.; Goosey, M. 2008. Issues in Environmental Science and Technology, Volume 27: Electronic Waste Management. Cambridge: Royal Society of Chemistry

Huisman, J. 2010. WEEE recast: from 4kg to 65%: the compliance consequences. Bonn: United Nations University. Viitattu 14.5.2014 <http://www.endseurope.com/docs/100309a.pdf>

JLY Jätelaitosyhdistys ry 2014. Viitattu 5.9.2014
<http://www.kierratys.info/> > Tietoa palvelusta

Karvonen, M; Kärnä, A; Maijala, A, 2006. Tuottajan ympäristövastuu. Helsinki: Edita Prima.

Kärnä, A. 2007. EuP-direktiivi – ympäristövaatimukset energiaa käyttävien tuotteiden suunnittelulle. Tampere; Tammer-Paino.

Manrich; Santos, S; Amélia, S.F. 2009. Plastic recycling. New York: Nova Science Publishers, Inc.

SET ry 2002, ICT-laitteiden kierrätystiedon ja materiaalin hallinta: TIMA-hanke. Tampere: Tammer-paino.

Zeller, T. 2008. Kierrätys, suuret linjat. National Geographic 1/2008

LIITE 1

1. Kuinka paljon saatte tietokoneita kierrätykseen kuukaudessa (kappaleissa tai kilogrammoissa)?
2. Mitä kierrätettäville tietokoneille tapahtuu?
3. Mitä osia tai materiaaleja teidän kauttanne kierrätettävistä tietokoneista pystytään käyttämään uudelleen?
4. Mikä osuus prosentteina tietokoneesta voidaan hyödyntää?